



# Cartographie de la pollution lumineuse zénithale en Bourgogne à partir de données de population et d'occupation du sol

Samuel Challéat

## ► To cite this version:

Samuel Challéat. Cartographie de la pollution lumineuse zénithale en Bourgogne à partir de données de population et d'occupation du sol. 8èmes Rencontres de Théo Quant, Jan 2007, Besançon, France. hal-00922348

**HAL Id: hal-00922348**

**<https://hal.science/hal-00922348>**

Submitted on 26 Dec 2013

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Cartographie de la pollution lumineuse zénithale en Bourgogne à partir de données de population et d'occupation du sol

Samuel Challéat

UMR 6049 ThéMA – CNRS / Université de Bourgogne

Boulevard Gabriel

F-21000 Dijon

[samuel.challeat@u-bourgogne.fr](mailto:samuel.challeat@u-bourgogne.fr)

## Contexte de l'étude

Les recherches sur la modélisation de la relation pollution lumineuse/concentration de la population ont débuté aux Etats-Unis, avec les études de Walker (1977). Ce dernier a publié une étude sur l'éclairage urbain et son impact sur la luminosité du ciel nocturne, s'appuyant sur la relation suivante : la lumière émise par des villes de développements économiques similaires est approximativement proportionnelle à leur population. L'étude de Walker se base sur des données d'émission de lumière par les éclairages publics de plusieurs villes de Californie aux Etats-Unis. Aujourd'hui encore, les lois de Walker et leurs dérivées sont utilisées pour quantifier spatialement la pollution lumineuse dans le monde. Ainsi, cette relation entre quantité de lumière émise par une ville, population de cette ville et distance à cette ville constitue la base de calcul du programme THOT, développé par M. Bonavitacola en France, chargé de la commission recherche et développement de l'Association Nationale de Protection du Ciel Nocturne (ANPCN). Ce programme avait pour but de permettre une modélisation de la pollution lumineuse afin de définir rigoureusement une méthode de calcul d'un indice de qualité de site et de déterminer ainsi les zones les plus favorables à l'observation astronomique, et donc les zones à protéger.

Plusieurs limites importantes sont à souligner dans le programme THOT et dans la modélisation de Walker elle-même. Concernant cette dernière tout d'abord, le fait que les différentes mesures aient été effectuées aux Etats-Unis, où la forme et la structure des villes sont différentes des villes européennes, rend son application difficile en France. De nouvelles mesures sur les villes françaises sont donc souhaitables, afin de recalculer des relations semblables mais certainement plus adaptées. De même, pour ajuster ces équations, un

panel plus important de villes serait nécessaire afin de minimiser les biais. La seule considération de l'éclairage public de la voirie n'est pas non plus satisfaisante, mais ces sources d'éclairage restent bien souvent les plus faciles à appréhender d'un point de vue méthodologique. Concernant le programme THOT, sa principale limite réside dans la simplification de la forme urbaine, réduite à un disque (ville de rayon constant dans toutes les directions) complètement uniforme. Bien sûr, le noyau de convolution vient pondérer cela, mais toujours par une fonction isotrope, et donc réductrice de la complexité de la morphologie urbaine. La loi de Walker étant la principale loi utilisée, on retrouve également dans le programme THOT les limites de celle-ci. L'approximation du rayon des villes en fonction de leur population peut être également soumise à critique, d'autant plus que la fonction déterminée l'est à partir de trop peu d'observations.

## Objectifs de l'étude

L'étude a pour but de fournir une première cartographie très simple de la pollution lumineuse sous SIG afin de faciliter l'interprétation géographique et, par la suite, la mise en relation avec d'autres facteurs. Bien sûr, un passage vers un modèle prédictif devient nécessaire si l'outil se destine à être une aide décisionnelle ou un outil de recherche ayant pour but d'analyser les conséquences des changements de certains de ses paramètres. Ainsi, un tel modèle pourra servir à évaluer et analyser les conséquences de la pollution lumineuse générée par la construction d'un nouveau quartier résidentiel, d'une zone industrielle, de nouvelles infrastructures routières.

## Données et méthodes

Le choix a été fait de modéliser la pollution lumineuse au zénith. La méthodologie diffère donc

de celle utilisée dans le programme THOT, basée avant tout sur les lois de Walker. Le problème posé par cette modélisation de la luminosité du ciel nocturne à 45° au-dessus de l'horizon est que, par définition, une variable de direction doit être utilisée. Cette modélisation de la luminosité du ciel à 45° au-dessus de l'horizon requiert donc l'utilisation d'un opérateur de voisinage qui, en chaque point, observe les éléments l'environnant et calcule une quantité de pollution lumineuse à 45° de hauteur en fonction de cet environnement. Les opérateurs de voisinage sont la base fondamentale du traitement d'image : les traitements effectués en un pixel donné dépendent non seulement de ce pixel mais aussi de pixels appartenant à son voisinage. Dans le cas de la pollution lumineuse, ce type de filtrage est complexe mathématiquement car, il nécessite l'ajout implicite de la troisième dimension, et la notion de distance à la ville devient primordiale, car influant la taille de l'obstruction générée par celle-ci sur chaque pixel.

Pour ces raisons, la modélisation de la pollution lumineuse mesurée au zénith du point d'observation s'est avérée être l'alternative la plus rigoureuse, tout en restant simple à mettre en œuvre du point de vue théorique et pratique. Albers et Duriscoe (2001) ont utilisé cette modélisation zénithale à partir de données de population pour cartographier la pollution lumineuse aux Etats-Unis. La relation utilisée est similaire à celle de la loi de Walker (1977), car elle met en relation l'intensité lumineuse émise par une ville avec sa population et la distance d'observation, mais elle estime cette intensité au zénith au lieu de l'estimer à 45° de hauteur sur l'horizon, supprimant le problème de l'orientation de la mesure.

La relation, pour chaque ville, est la suivante :  $I(1)_{i(x,y)} = 11\,300\,000.P.R^{-2.5}$

où  $I_i$  est l'intensité lumineuse du ciel en nanoLamberts en un point  $i$  de coordonnées  $x$  et  $y$ ,  $P$  la population de la ville (1) et  $R$  la distance à la ville (1), en mètres. Pour obtenir, en un lieu donné de coordonnées  $x$  et  $y$ , la pollution lumineuse au zénith émise par l'ensemble des  $n$  villes environnantes, il

suffit de sommer les intensités émises par chacune d'elles :  $I(\text{tot})_{i(x,y)} = [I(1)_{i(x,y)} + I(2)_{i(x,y)} + \dots + I(N)_{i(x,y)}]$

La distance à la ville considérée ici est bien la distance à la zone bâtie, et non la distance au centroïde de cette zone. Ceci permet de conserver la morphologie des zones artificialisées, extraites de Corine Land Cover 2000, et d'affiner ainsi la cartographie par rapport à celle produite par le programme THOT, qui considère des villes parfaitement circulaires. La population utilisée est celle du RGP de 1999, à l'échelon communal, distribuée dans les différentes zones bâties d'une même commune en fonction de la superficie de chacune de ces zones.

### Résultats obtenus et pistes de réflexions

La cartographie obtenue sur la Bourgogne permet de mettre en évidence deux zones relativement épargnées par une pollution lumineuse massive : le centre de la région, abritant le Parc Naturel Régional du Morvan, et le nord de la Côte d'Or (plateau de Langres). Ces deux « creux » de pollution s'opposent à deux structures axiales que sont la ligne Auxerre-Sens et Dijon-Mâcon, véritables « couloirs » de pollution dont les impacts éventuels sur les écosystèmes constituent une voie privilégiée de recherche.

Le but affiché ici était bien celui de la faisabilité d'une première cartographie régionale de la pollution lumineuse à partir de données d'occupation du sol et de population, sous SIG. Le travail présenté constitue donc la base d'une étude approfondie dans laquelle d'autres paramètres sont à prendre en compte. Citons l'utilisation d'un opérateur de voisinage et l'intégration, via un Modèle Numérique de Terrain (MNT), de la variable « altitude » qui a deux impacts non négligeables sur la distribution spatiale de la pollution lumineuse. Des effets de masquage par les reliefs, ainsi que des effets de diffusion plus ou moins prononcée de la lumière par l'atmosphère selon l'altitude. Ainsi, cette cartographie ne constitue réellement que la première étape de la mise en place d'un véritable outil de monitoring de l'environnement nocturne à l'échelle nationale.

**Mots-clés :** pollution lumineuse, Bourgogne, modélisation, cartographie.

### Bibliographie

- Albers, S. et Duriscoe D., 2001, Modeling Light Pollution from Population Data and Implications for National Park Service Lands, *The Georges Wright Forum*, 18, 56-68.
- Bonavitacola M., 2001, *Le programme THOT, Documentation ANPCN*. <http://www.astrosurf.com/anpcn/simulation/>
- Walker M. F., 1977, The effects of urban lighting on the brightness of the night sky, *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 89, 405-409.